

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10194769
PUBLICATION DATE : 28-07-98

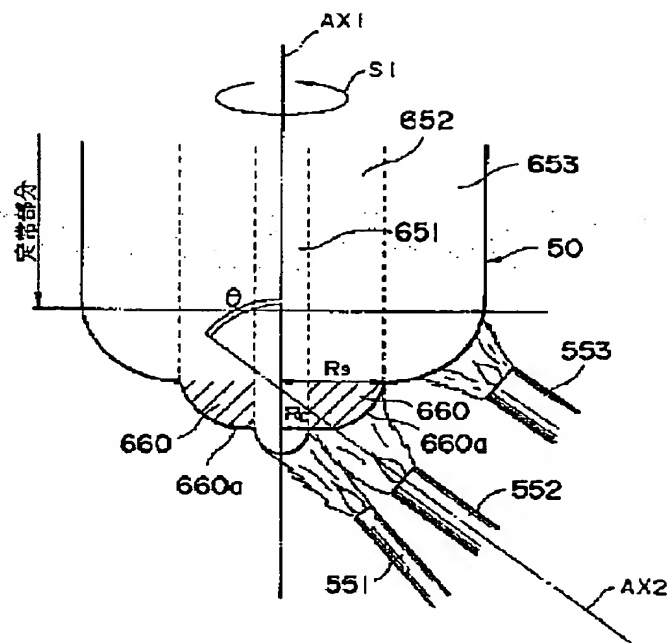
APPLICATION DATE : 16-01-97
APPLICATION NUMBER : 09005673

APPLICANT : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD;

INVENTOR : DANZUKA TOSHIO;

INT.CL. : C03B 37/018 C03B 37/012 C03B
37/014 G02B 6/00

TITLE : PRODUCTION OF OPTICAL FIBER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a producing method of optical fiber provided with such a structure as to effectively restrain any influences due to a non-linear optical effect with increased MFD and downsize the diameter of the inside core of the optical fiber.

SOLUTION: This method is to make an interference between a flame from the second burner 552 for forming the second porous glass 652 bound to become the outside core and another flame from the first burner 551 for forming the first porous glass 651 bound to become the inside core, and to dispose the second burner 552 in a specific position so as to enable downsizing the diameter of the first porous glass 651 viz. the inside core of the resulting optical fiber.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-194769

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月28日

(51) Int. Cl.⁴
 C 0 3 B 37/018
 37/012
 37/014
 G 0 2 B 6/00 3 5 6

P 1
 C 0 3 B 37/018 A
 37/012 Z
 37/014 Z
 G 0 2 B 6/00 3 5 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 項)

(21) 出願番号 特願平9-5673

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月16日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 横山 信生

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 酒野 章

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 野塚 俊雄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

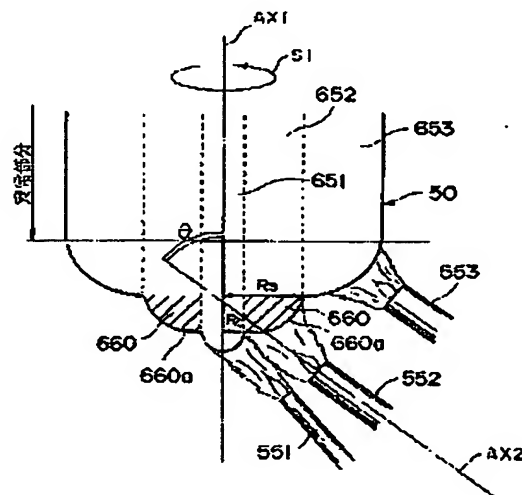
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 MFDを大きくし、非線形光学効果による影響を効果的に抑える構造を備えた光ファイバを得るとともに、該光ファイバにおける内側コアの細径化を実現するための光ファイバの製造方法を提供する。

【解決手段】 外側コアとなるべき第2多孔質ガラス体652を形成するための第2バーナー552からの火炎と、内側コアとなるべき第1多孔質ガラス体651を形成するための第1バーナー551からの火炎とを干渉させ、第1多孔質ガラス体651、すなわち得られる光ファイバの内側コアの細径化を可能にするよう、第2バーナー552を特定位置に設置する。



(2)

特開平10-194769

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、所定の屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ屈折率 n_2 ($< n_1$)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられかつ屈折率 n_3 ($< n_2$)を有するクラッドとを備えた、石英ガラスを主成分とする光ファイバの製造方法であって、

前記第1コアとなるべき第1多孔質ガラス体を形成するための第1バーナーと、前記第2コアとなるべき第2多孔質ガラス体を該第1多孔質ガラス体の外周に形成するための第2バーナーと、前記クラッドとなるべき第3多孔質ガラス体を該第2多孔質ガラス体の外周に形成するための第3バーナーとを、それぞれ所定の位置に設置し、

前記第1～第3バーナーからの火炎中でそれぞれ合成されたガラス微粒子を回転している出発部の先端部分に堆積させることで、該出発部の先端から該出発部の長手方向に沿って成長した、前記第1～第3多孔質ガラス体からなる多孔質母材を得る第1工程を備え、

前記第2バーナーは、前記第1多孔質ガラス体の最大外径を $2R_c$ 、前記第2多孔質ガラス体の最大外径を $2R_s$ とするとき、その中心軸が、 $0.3 \times (R_s - R_c) + R_c$ 以上、かつ $0.5 \times (R_s - R_c) + R_c$ 以下で定義される、前記第2多孔質ガラス体表面のガラス微粒子堆積領域と交差するよう設置されることを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項2】 前記第2バーナーは、その中心軸が前記出発部の回転軸に対し、 $50^\circ \sim 70^\circ$ 傾くよう設置されることを特徴とする請求項1記載の光ファイバの製造方法。

【請求項3】 前記第3バーナーに、少なくともフッ素系ガスを供給することを特徴とする請求項1又は2記載の光ファイバの製造方法。

【請求項4】 前記第3バーナーに供給されるフッ素系ガスの供給量は、得られる光ファイバのクラッドの、純石英に対する屈折率差が $0.03\% \sim 0.1\%$ となるよう調節されることを特徴とする請求項3記載の光ファイバの製造方法。

【請求項5】 前記第1工程は、さらに、得られた多孔質母材を焼結して中間ガラス母材を得る工程を含むことを特徴とする請求項1～5のいずれか一項記載の光ファイバの製造方法。

【請求項6】 前記第1工程で得られた中間ガラス母材を所定の外径に延伸した後、気相合成法により該延伸された中間ガラス母材の外周に、前記クラッドの外周を覆うジャケット部となるべき第4多孔質ガラス体を形成して複合母材を得、そして、

前記複合母材を焼結して光ファイバ母材を得る第2工程を備えたことを特徴とする請求項5記載の光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、長距離大容量光通信システムに適用可能な光ファイバであって、特に、波長分割多重(WDM)通信方式に好適でかつその零分散波長が所望範囲内に設定された分散シフトファイバの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、伝送路としてシングルモード光ファイバ(以下、SM光ファイバという)が適用された光通信システムでは、通信用信号光として $1.3 \mu\text{m}$ 波長帯あるいは $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の光が利用されることが多かった。ただし、最近では、伝送路における伝送損失低減の観点から $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の光の使用が増しつつある。特に、 $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の光の伝送路に適用されるSM光ファイバ(以下、 $1.55 \mu\text{m}$ 用SM光ファイバという)は、石英系SM光ファイバの伝送損失が $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の光に対して最小になることから、その波長分散(波長によって光の伝搬速度が異なるためパルス波が広がる現象)も $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の光に対してゼロになるよう設計されている。このように、ゼロ分散波長が $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯付近にシフトした $1.55 \mu\text{m}$ 用SM光ファイバは、一般に分散シフトファイバと呼ばれる。

【0003】従来の分散シフトファイバとしては、例えば特許番号第2533083号公報(第1従来例)に、その零分散波長が $1.55 \mu\text{m}$ 付近にシフトされた分散シフトファイバの断面構造、組成及びその製造方法が開示されている。この第1従来例の分散シフトファイバは、 $\text{GeO}_2 - \text{SiO}_2$ (ゲルマニウムを含む SiO_2)からなる内側コアと、 SiO_2 からなる外側コアと、 $\text{F} - \text{SiO}_2$ (フッ素を含む SiO_2)からなるクラッドとを備えている。ただし、この第1従来例の分散シフトファイバの屈折率プロファイルは、クラッドに相当する部分に凹みを持たない、いわゆるMatched型プロファイルであり、このMatched型プロファイルを有する光ファイバをこの明細書ではMatched型ファイバという。一方、クラッドに相当する部分に凹みが設けられた屈折率プロファイルは、Depressed cladding型プロファイルと言われ、特にこの明細書では、このDepressed cladding型プロファイルを有する光ファイバをDepressed型ファイバという。なお、この第1従来例の分散シフトファイバの構造では、 $1.55 \mu\text{m}$ 付近の零分散波長の設定のみが実現可能である。

【0004】また、特開昭63-208005号公報(第2従来例)には、コアの外周に該コアよりも低い屈折率を有する第1クラッドと、該第1クラッドの外周に該第1クラッドよりも高い屈折率を有する第2クラッドを備えた、Depressed cladding型プロファイルを有する分散シフトファイバが開示されている。この第2従来例

(3)

特開平10-194769

3

の分散シフトファイバの目的は、 $1.3\mu\text{m}$ ～ $1.5\mu\text{m}$ 波長帯の広範囲に渡って波長分散を抑えることにある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年、高速かつ大容量の伝送システムの構築が盛んに研究されているが、そのうち、特に、波長分割多重(WDM)方式の伝送システムが注目を集めている。この方式は、互いに波長の異なる複数の信号光を同時に1つの伝送路で伝送する方式であり、伝送可能な情報量を飛躍的に増加させる技術である。

【0006】このような伝送システムを實現するため、伝送路として適用される光ファイバには様々な新しい仕様が要求されており、上述したような従来の分散シフトファイバでは既に対応できない状況となってきた。

【0007】特に、従来の分散シフトファイバのモードフィールド径(MFD)は $8\mu\text{m}$ 程度であり、信号光のパワーが大きくなると非線形光学効果による影響が発生しやすくなる。また、伝送システムに適用される各分散シフトファイバ間では波長分散のバラツキが大きいため、信号光波長とそれらの零分散波長とが一致してしまうと、非線形光学効果の一つである四光波混合によるノイズが発生しやすくなるなどの課題があった。

【0008】なお、非線形光学効果とは、光強度の密度等の増大とともに信号光パルスが歪む現象であり、伝送速度の大きな制約要因となる。

【0009】一方、従来のように内側コアと外側コアからなるデュアル・コア・シェイプ(Dual Core Shape)型構造を備えた分散シフトファイバの製造において、内側コアの外径に対して外側コアの外径を十分に大きくする場合(例えば、5倍～10倍程度)、必然的に内側コアの外径に依存して外側コアの外径も大きくせざるを得ない。特に、この外側コアに屈折率を増加させるためにGeO₂を添加すると、該外側コアにおける屈折率プロファイルの径方向の平坦化が難しくなる。このため、外側コアにゲルマニウムを添加して屈折率を調整する場合、内側コアと外側コアの外径比を所望の値に維持した状態で該外側コアにおける屈折率プロファイルの径方向の平坦化を實現するためには、内側コアのさらなる細径化が望まれる。また、この内側コアの細径化は、コア領域(内側コア及び外側コアを含む)の中心領域における信号パワーの集中を避け、非線形光学効果の影響を効果的に抑えるためにも重要な技術課題である。

【0010】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、MFDを大きくし、非線形光学効果による影響を効果的に抑える構造を備えた光ファイバを得るための製造方法であって、該光ファイバにおける内側コアの細径化を實現するための光ファイバの製造方法を提供することを目的としている。

【0011】

4

【課題を解決するための手段】この発明に係る光ファイバの製造方法は、MFDが $8.6\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $9\mu\text{m}$ 以上であり、かつその零分散波長を代表的な信号光波長である $1.55\mu\text{m}$ よりも長波長側あるいは短波長側にシフトさせた分散シフトファイバであって、石英ガラスを主成分とするシングルモード光ファイバを得るための製造方法である。特に、この分散シフトファイバでは、その零分散波長を信号光波長から所定値ずらすことにより、故意に波長分散を発生させ、非線形光学効果の影響を抑えているので、各分散シフトファイバ間での零分散波長のバラツキを許容した伝送システムの構築を可能にしている。

【0012】当該製造方法により得られる光ファイバ1は、例えば図1に示されたように、石英ガラスを主成分とし、かつ所定の屈折率 n_1 を有する第1コア10(内側コア)と、該内側コア10の外周に設けられかつ屈折率 n_2 ($<n_1$)を有する第2コア20(外側コア)と、該外側コア20の外周に設けられかつ屈折率 n_3 ($<n_2$)を有するクラッド30と、該クラッド30の外周に設けられたジャケット部40とを備えている。なお、このジャケット部40は、信号光の伝搬には実質的に寄与しないガラス領域(該信号光がほとんど伝搬しないガラス領域)であって、主に内側コア10、外側コア20、及びクラッド30を物理的に補強するために設けられている。このため、該ジャケット部40を物理クラッドということもある。

【0013】以上の構成を備えた光ファイバを得るため、この発明に係る光ファイバの製造方法は、上記内側コア10となるべき第1多孔質ガラス体651と、該第1多孔質ガラス体651の外周に設けられた、上記外側コア20となるべき第2多孔質ガラス体652と、該第2多孔質ガラス体652の外周に設けられた、上記クラッド30となるべき第3多孔質ガラス体653とを備えた多孔質母材50(スート・プリフォーム)を得るための第1工程を備える。

【0014】上記第1工程では、例えば図2及び図3に示されたように、回転する出発棒501の先端から該出発棒501の長手方向に沿って上記第1～第3多孔質ガラス体651～653を構成するためのガラス微粒子がそれぞれ堆積することにより、上記多孔質母材50が該出発棒501の長手方向に沿って成長する。なお、この第1工程では、各多孔質ガラス体651～653を構成するためのガラス微粒子をそれぞれ合成するため、第1～第3バーナー551～553が所定位置に設置されている。

【0015】特に、上記第2バーナー552は、第1多孔質ガラス体651の最大外径を2Rc(出発棒501の回転軸AX1に沿ってその外径が一定になっている定常部分の外径)、前記第2多孔質ガラス体の最大外径を2Rs(出発棒501の回転軸AX1に沿ってその外径

(4)

特開平10-194769

5

6

が一定になっている定常部分の外径)とすると、その中心軸AX2が、 $0.3 \times (R_s - R_c) + R_c$ 以上、かつ $0.5 \times (R_s - R_c) + R_c$ 以下で定義される、上記第2多孔質ガラス体652のガラス微粒子堆積領域660a(第2多孔質ガラス体652における成長領域660の表面)と交差するよう設置される。なお、成長領域とは、各多孔質ガラス体において、ガラス微粒子がその表面に堆積することで該多孔質ガラス体自体の外径が時間経過とともに変化している領域である。また、ガラス微粒子堆積領域とは、該成長領域の表面である。

【0016】以上のように、外側コア20となるべき第2多孔質ガラス体652を形成するための第2バーナー552を上述の特定位置に設置することにより、内側コア10となるべき第1多孔質ガラス体651を形成するための第1バーナー551からの火炎と、該第2バーナー552からの火炎とを干渉させ、第1多孔質ガラス体651、すなわち内側コア10の細径化を可能にしている。加えて、内側コア10の細径化により外側コア20の外径も小さくすることが可能となり(内側コア10と外側コア20の外径比は一定)、ゲルマニウムが該外側コア20に添加された場合であっても、該外側コア20の径方向の屈折率プロファイルの平坦化を實現することができる。また、この内側コア10の細径化により、コア領域(内側コア10及び外側コア20を含む)の中心領域における信号パワーの集中を避け、非線形光学効果の影響を効果的に抑えることもできる。

【0017】加えて、この発明に係る光ファイバの製造方法では、成長中の多孔質母材50へのガラス微粒子の堆積効率の観点から、上記第2バーナー552は、その中心軸AX2が出発棒501の回転軸AX1(成長中の多孔質母材50の回転軸)に対し、所定角度 θ ($50^\circ \sim 70^\circ$)傾くよう設置されている。

【0018】また、上述の第1工程において、クラッド30となるべき第3多孔質ガラス体653を形成するための第3バーナー553には、該クラッド30の屈折率を調整するために、少なくともフッ素系ガスが供給されており、特に、該第3バーナー553に供給されるフッ素系ガスの供給量は、当該製造方法により得られる光ファイバ1のクラッド30の、純石英に対する比屈折率差が $0.03\% \sim 0.1\%$ となるよう調節されている。

【0019】また、この発明に係る光ファイバの製造方法において、第1工程は、さらに、得られた多孔質母材50を焼結して中間ガラス母材51を得る工程を備えている(図5参照)。

【0020】さらに、この発明に係る光ファイバの製造方法は、上記ジャケット部40を形成するため、図6～図8に示されたように、第1工程で得られた中間ガラス母材51を所定の外径に延伸した後、VAD(Vapor phase axial deposition)法、OVD(Outside vapor phase deposition)法等の気相合成法により該延伸された

中間ガラス母材51の外周に、上記クラッド30の外周を覆うジャケット部40となるべき第4多孔質ガラス体654を形成して複合母材52を得、そして、該複合母材52を焼結して光ファイバ母材53を得る第2工程を備えている。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る光ファイバの製造方法を図1～図9を用いて説明する。なお、図中同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0022】図1は、当該製造方法により得られる光ファイバ(分散シフトファイバ)の断面構造及びその屈折率プロファイルを示す図である。特に、この光ファイバ1は、モードフィールド径(MFD)が $8.6 \mu\text{m}$ 以上(好ましくは $9 \mu\text{m}$ 以上)かつその零分散波長が $1.55 \mu\text{m}$ よりも長波長側あるいは短波長側にシフトされた分散シフトファイバであって、石英ガラスを主成分とするシングルモード光ファイバである。

【0023】この図において、光ファイバ1は、コア領域として、第1の屈折率 n_1 を有する、外径aの内側コア10と、該内側コア10の外周に設けられかつ第1の屈折率 n_1 よりも低い第2の屈折率 n_2 を有する外側コア20を備えている。また、外側コア20(外径b)に対する内側コア10(外径a)の外径比 $R_a (=a/b)$ は $0.1 \sim 0.2$ である。

【0024】さらに、上記コア領域(内側コア10及び外側コア20を含む)の外周には、第2の屈折率 n_2 よりも低い第3の屈折率 n_3 を有する、外径cのクラッド30が設けられ、さらに、該内側クラッド30の外周は、第3の屈折率 n_3 よりも高くかつ第2の屈折率 n_2 よりも低い第4の屈折率 n_4 を有する、外径dのジャケット部40が設けられている。なお、このジャケット部40は、信号光がほとんど伝播しないガラス領域であって、主に、上述の内側コア10、外側コア20、及びクラッド30を物理的に結合するために設けられたガラス領域であるため、一般に物理クラッドと呼ばれている。

【0025】なお、図1に示された屈折率プロファイル150の横軸は、光ファイバ1の断面(伝播する信号光の進行方向に対して垂直な面)における径L上の各位置に相当している。さらに、この屈折率プロファイル150において、領域101は上記内側コア10の径L上の各部位の屈折率(n_1)、領域102は上記外側コア20の径L上の各部位の屈折率(n_2)、領域103は上記クラッド30の径L上の各部位の屈折率(n_3)、領域104は上記ジャケット部40の径L上の各部位の屈折率(n_4)に対応している。

【0026】光ファイバ1の基本組成は、内側コア10が $\text{GeO}_2 - \text{SiO}_2$ 、外側コア20が $\text{GeO}_2 - \text{SiO}_2$ 、クラッド30が $\text{F} - \text{SiO}_2$ である。また、ジャケット部40は、実質的に信号光の伝播に寄与しないため、 SiO_2 (故意には不純物を含まないガラス領域)

(5)

特開平10-194769

8

である。

【0027】ただし、光ファイバ1は、後述するように内側コア10、外側コア20、及びクラッド30には塩素が含まれるため、実際の組成は以下になる。なお、塩素(C1)は屈折率を上げる添加物として知られており、該C1による屈折率変化は、該C1の濃度1000ppm当たり0.01%である。

【0028】

内側コア : $\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2 + \text{C1}$ 外側コア : $\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2 + \text{C1}$ クラッド : $\text{SiO}_2 + \text{F} + \text{C1}$ ジャケット部 : SiO_2

また、この明細書において、各ガラス領域の比屈折率差 Δ は純石英ガラスを基準にして以下のように定義されている。

【0029】

$$\Delta = (n_1' - n_2') / 2n_2' \approx (n_1 - n_2) / n_2$$

ここで、 n_2 は基準となる純石英ガラスの屈折率、 n_1 は各ガラス領域の屈折率を示す。従って、フッ素等が添加され、その屈折率が純石英ガラスよりも低下したガラス領域の比屈折率差は負の値として表される。また、この明細書において各ガラス領域間の比屈折率差は、それぞれの純石英ガラスに対する比屈折率差の差分(大きい方の値から小さい方の値を引いた正の値)で以下のように表される。

【0030】内側コアと外側コアの比屈折率差 :

0.7%~0.8%

外側コアとクラッドの比屈折率差 : 0.1%~0.

25%

クラッドとジャケット部の比屈折率差 : 0.03%~

0.1%

なお、ジャケット部40の、純石英ガラスに対する比屈折率差は0%である。

【0031】次に、上述の構造を備えた光ファイバ1の得るための、当該製造方法について、図2~図9を用いて説明する。

【0032】当該製造方法では、第1工程で内側コア10及び外側コア20を含むコア領域と、クラッド30となるべき多孔質母材50をVAD(Vapor phase axial deposition)法により形成し、得られた該多孔質母材50を焼結して中間ガラス母材51を得る。

【0033】図2は上記VAD法による第1工程の多孔質母材50の製造を説明するための図であり、図3は図2に示された第1工程における、バーナー設置位置を説明するための図である。

【0034】まず、第1工程では、図2に示されたスス付け装置は、出発棒501の先端部分に該出発棒501の長手方向に沿って伸びた多孔質母材50を製造する。このスス付け装置は、少なくとも排気口504を備えた容器500と、多孔質母材50を支持するための支持機

構503を備えている。また、支持機構503には回転可能な支持棒502が設けられており、この支持棒502の先端には多孔質母材50を成長させるための出発棒501が取り付けられている。

【0035】図2のスス付け装置には、さらに内側コア10となるべき第1多孔質ガラス体651(スス体)を堆積させるための第1バーナー551と、外側コア20となるべき第2多孔質ガラス体652(スス体)を堆積させるための第2バーナー552と、クラッド30となるべき第3多孔質ガラス体653(スス体)を堆積させるための第3バーナー553とが、それぞれ所定位置に設置されており、ガス供給システム600からは各バーナー551、552、553に対して所望の原料ガス(例えば GeCl_4 、 SiCl_4 等)、燃焼ガス(H_2 及び O_2)、及びArやHe等のキャリアガスが供給される。

【0036】多孔質母材50の製造中、第1バーナー551、第2バーナー552及び第3バーナー553の火炎中では、ガス供給システム600から供給された原料ガスの加水分解反応によりガラス微粒子が生成され、これらガラス微粒子が出発棒501の先端部分に堆積していく。この間、支持機構503は、その先端に設けられた支持棒502を矢印S1で示された方向に回転させながら矢印S2で示された方向(多孔質母材50の長手方向及び出発棒501の長手方向は、それぞれS2の方向と一致している)に沿って引き上げる動作を行っている。この動作により、多孔質ガラス体が出発棒501から下方(該出発棒501の長手方向)に向かって成長していき、該出発棒501の長手方向に沿ってその中央部分に内側コア10となるべき第1多孔質ガラス体651が、該中央部分を取り囲む周辺領域に外側コア20となるべき第2多孔質ガラス体652が、そして該第2多孔質ガラス体652の外周を取り囲む周辺領域にクラッドとなるべき第3多孔質ガラス体653が、それぞれ成長し、多孔質母材50(スート・プリフォーム)が得られる。なお、成長中の多孔質母材50は出発棒501により直接保持されているので、該出発棒501の回転とともに回転軸AX1を中心に回転している。

【0037】また、上記第2バーナー552は、第1多孔質ガラス体651の最大外径を2Rc(出発棒501の回転軸AX1に沿ってその外径が一定になっている定常部分の外径)、前記第2多孔質ガラス体の最大外径を2Rs(出発棒501の回転軸AX1に沿ってその外径が一定になっている定常部分の外径)とすると、その中心軸AX2が、 $0.3 \times (Rs - Rc) + Rc$ 以上、かつ $0.5 \times (Rs - Rc) + Rc$ 以下で定義される、上記第2多孔質ガラス体652のガラス微粒子堆積領域660a(第2多孔質ガラス体652における成長領域660の表面)と交差するよう設置されている(図3参照)。加えて、成長中の多孔質母材50へのガラス微粒

(5)

特開平10-194769

9

15

子の堆積効率の観点から、上記第2バーナー552は、その中心軸AX2が、出発部501の回転軸AX1（成長中の多孔質母材50の回転軸）に対し、所定角度 θ （ $50^\circ \sim 70^\circ$ ）傾くよう設置されている。ここで、成長領域（特に、第2多孔質ガラス体652の成長領域660は図中の斜線部分である）とは、各多孔質ガラス体において、ガラス微粒子がその表面に堆積することで該多孔質ガラス体自体の外径が時間経過とともに変化している領域である。また、ガラス微粒子堆積領域とは、該成長領域の表面である。

【0038】以上のように、外側コア20となるべき第2多孔質ガラス体652を形成するための第2バーナー552を上述の特定位置に設置することにより、内側コア10となるべき第1多孔質ガラス体651を形成するための第1バーナー551からの火炎と、該第2バーナー552からの火炎とを干渉させ、第1多孔質ガラス体651、すなわち得られる光ファイバ1の内側コア10の細径化を可能にしている。加えて、内側コア10の細径化により外側コア20の外径も小さくすることが可能となり（内側コア10と外側コア20の外径比R_aは一定）、ゲルマニウムが該外側コア20に添加された場合であっても、該外側コア20の径方向の屈折率プロファイルの径方向の平坦化を実現することができる。また、この内側コア10の細径化により、コア領域（内側コア10及び外側コア20を含む）の中心領域における信号パワーの集中を避け、非線形光学効果の影響を効果的に抑えることができる。

【0039】なお、この第1工程において、クラッド30となるべき第3多孔質ガラス体653を形成するための第3バーナー553には、該クラッド30の屈折率を調整するために、少なくともフッ素系ガス（具体的にはCF₄）が供給されており、特に、該第3バーナー553に供給されるフッ素系ガスの供給量は、当該製造方法により得られる光ファイバ1のクラッド30の、純石英に対する屈折率差が0.03%～0.1%となるよう調節されている。

【0040】続いて、上述のVAD法により得られた多孔質母材50は、図4に示された加熱容器700内に設置され、ハロゲンガスを含む雰囲気中で脱水処理が施される。なお、この加熱容器700には該ハロゲンガスを供給するための導入口702と排気口701が設けられている。また、この脱水処理中、支持機構503は多孔質母材50を矢印S3で示された方向に回転させながら、矢印S4で示された方向に沿って移動させるよう動作する（この動作により、多孔質母材50全体が加熱される）。

【0041】脱水処理中の容器内温度は1000℃～1300℃程度であり、好ましくは1100℃～1200℃である。また、この実施例では濃度20000ppm（2%）の塩素ガス（Cl₂）を導入口702から供給

しながら脱水処理を行ったが、塩素ガスの濃度は10000ppm～50000ppm（1%～5%）程度であれば十分にその効果を得られる。

【0042】脱水処理用ガスとしては、塩素ガスの他S₂Cl₂等のハロゲンガスでも同様の効果を得られる。特に、S₂Cl₂は塩素の添加量を増加し、外側コア20と内側クラッド30との屈折率差を増加させる手段となり得る。

【0043】なお、第1工程において、第1及び第2バーナー551、552のそれぞれに供給される原料ガスは、得られる光ファイバの外側コア20（外径b）に対する内側コア10（外径a）の外径比R_a（ $=a/b$ ）が、0.1～0.2となるよう調節されている。

【0044】以上の処理を経て得られた多孔質母材50は、引き続き上述された加熱容器700内で焼結される。すなわち、図5には図4に示された加熱容器の主要部分のみが示されている。図示のように支持機構503が多孔質母材50を矢印S5で示された方向に回転させながら矢印S6で示された方向に沿って移動させるよう動作する。この動作により、該多孔質母材50はその先端からヒーター750内に送り込まれ（焼結時の容器内温度は1500℃～1650℃、好ましくは1550℃～1650℃）、透明な中間ガラス母材51が得られる。

【0045】なお、上述した多孔質母材50の製造、脱水処理、及び焼結処理は同一の容器内で行うことも可能である。

【0046】次に、この発明に係る光ファイバの製造方法における第2工程では、まず上述の第1工程で得られた、透明な中間ガラス母材51が図6に示された延伸装置により所望の外径（仕上り外径）に延伸される。なお、この中間ガラス母材51は延伸に先立って、その両端に端部処理が施され、さらに取扱を簡単にするための棒61、62が取り付けられている。

【0047】図6の延伸装置は、矢印S7で示された方向に沿って移動可能な上側チャック63と、矢印S8で示された方向に沿って移動可能な下側チャック64を備えており、これら上側チャック63及び下側チャック64は、駆動モータ65、66により、それぞれS7、S8の方向に沿って動かされる。また、端部処理された中間ガラス母材51は、棒61が上側チャック63に把持されるとともに、棒62が下側チャック64に把持されることにより、図6の延伸装置に取り付けられる。

【0048】上記上側チャック63はS7の方向に沿って移動することにより、中間ガラス母材51をヒータ68（例えば、縦型抵抗加熱炉）内に送り込むよう機能する。一方、下側チャック64はS8の方向に沿って移動することにより、ヒータ68内から中間ガラス母材51を引出すよう機能する。ヒータ68内に送り込まれた中間ガラス母材51は部分的に軟化しているため、この延伸装置では、上側チャック63の移動速度（中間ガラス

(7)

特開平10-194769

11

12

母材51をヒータ68内への送り込む速度)よりも下側チャック64の移動速度(中間ガラス母材51をヒータ68内から引出す速度)を大きくし、該中間ガラス母材51の軟化部分に引っ張り応力を加えることにより、該中間ガラス母材51を所望の仕上り外径に延伸する。

【0049】なお、制御部67は、外径測定装置69により加熱されている軟化部分の所定部位の外径を常時モニタしており、所望の仕上がり外径が得られるよう駆動モータ65、66を制御している。

【0050】続いて、この第2工程では、以上の延伸装置により延伸された中間ガラス母材51の外周に、さらにジャケット部40(物置クラッド)となるべき第4多孔質ガラス体654を堆積させ、複合母材52を得る。なお、この複合母材52の製造は、VAD法あるいはOVD法のいずれを適用してもよい。

【0051】すなわち、図7に示されたように、バーナー900の火炎中では、ガス供給システム600から供給された原料ガスの加水分解反応によりガラス微粒子が生成され、これらガラス微粒子が延伸された中間ガラス母材51の外周に堆積していく。この間、該延伸された中間ガラス母材51は矢印S9で示された方向に回転しながら矢印S10で示された方向に沿って移動している。この動作により、中間ガラス母材51の外周に第4多孔質ガラス体654(スス体)が堆積していき、複合母材52が得られる。

【0052】次に、この第2工程では、透明な光ファイバ母材53を得るべく、図8に示されたように、複合母材52が焼結される。なお、この焼結処理は上述の加熱容器700内で連続的に行われる。また、支持機構503は、複合母材52を矢印S11で示された方向に回転させながら矢印S12で示された方向に沿って移動させるよう動作する。この動作により、該複合母材52がヒータ750内に送り込まれる。

【0053】具体的に、加熱容器700内における複合母材52の焼結温度(容器内温度)は、1450℃～1650℃(好ましくは1500℃～1600℃)である。

【0054】以上のように製造された光ファイバ母材53は、図9に示されたように、光ファイバ1の内側コア10となるべき内側コアガラス100と、外側コア20となるべき外側コアガラス200と、クラッド30となるべきクラッドガラス300と、そして、ジャケット部40となるべきガラス領域400を備えている。

【0055】最終工程(導引工程)では、ヒータ950により、以上のような構造を備えた光ファイバ母材53の一端を加熱しながら該光ファイバ母材53を導引することにより、図1に示された外径125μmの光ファイバ1を得る。

【0056】なお、上述の製造方法により得られた光ファイバ1の特性を以下に示す。

【0057】(組成)

内側コア : $\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2 + \text{Cl}$

外側コア : $\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2 + \text{Cl}$

クラッド : $\text{SiO}_2 + \text{F} + \text{Cl}$

ジャケット部 : SiO_2

(屈折率プロファイル)

外側コアと内側コアとの比屈折率差 : 0.73%

外側コアとクラッドとの比屈折率差 : 0.18%

クラッドとジャケット部との比屈折率差 : 0.08%

なお、ここで示された数値は、上述したように、各ガラス領域における純石英ガラスに対する比屈折率差の差分(大きい値の方から小さい値の方を引いた正の値)である。

【0058】最終的に、得られた光ファイバ1のMFDは8.6μm、2mの基準長でのカットオフ波長は1.70μm、零分散波長は1.58μmであった。

【0059】ここで、1.55μm波長帯の光伝送用に選択される分散シフトファイバのカットオフ波長としては、適宜、2mの基準長(CCITT-G.653による測定法)で信号光波長よりも短い1.55μm以下が選択される。

【0060】カットオフ波長の一般的な評価の基準である2mという短い長さでは、当該分散シフトファイバは、伝送光の基底モードばかりではなく高次モードも伝搬することになる。しかしながら、この実施例のカットオフ波長は信号光波長(1.55μm)よりも長いが、高次モードの光は基底モードの光と比べて分散シフトファイバ中の伝播における減衰率が高いので、数kmの伝搬長であれば基底モードに比べて充分に小さくなる。したがって、海底通信ケーブルのように伝搬距離が数百から数千kmに及ぶ場合には、高次モードによる問題が生じることはない。

【0061】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、外側コアとなるべき第2多孔質ガラス体を形成するための第2バーナーを特定位置に設置し、内側コアとなるべき第1多孔質ガラス体を形成するための第1バーナーからの火炎と、該第2バーナーからの火炎とを干渉させることにより、第1多孔質ガラス体、すなわち得られる光ファイバの内側コアの細径化を可能にするという効果がある。

【0062】加えて、内側コアの細径化により外側コアの外径も小さくすることが可能となり(内側コアと外側コアの外径比は一定)、ゲルマニウムが該外側コアに添加された場合であっても、該外側コアの径方向の屈折率プロファイルの平坦化が実現できるという効果もある。さらに、この内側コア10の細径化により、コア領域(内側コア10及び外側コア20を含む)の中心領域における信号パワーの集中を避け、非線形光学効果の影響を効果的に抑えるという効果もある。

【0063】従って、上述の製造方法により、より大き

(8)

特開平10-194769

13

14

な所望のMFDを有し、非線形光学効果による影響を効果的に抑える構造を備えた光ファイバが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る製造方法により得られる光ファイバの断面構造及びその屈折率プロファイルを示す図である。

【図2】この発明に係る光ファイバの製造方法における第1工程（VAD法）を説明するための図である。

【図3】図2に示された第1工程における、バーナー設置位置を説明するための図である。

【図4】この発明に係る光ファイバの製造方法における第1工程中の、脱水処理を説明するための図である。

【図5】この発明に係る光ファイバの製造方法における第1工程中の、焼結処理を説明するための図である。

【図6】この発明に係る光ファイバの製造方法における第2工程中の、延伸処理を説明するための図である。

【図7】この発明に係る光ファイバの製造方法における*

*第2工程中の、複合母材の製造（VAD法又はOVD法）を説明するための図である。

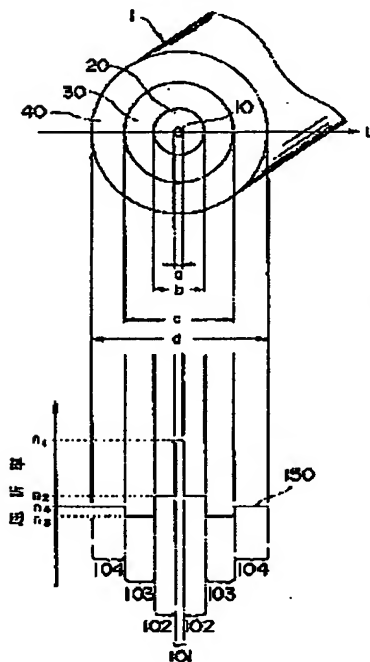
【図8】この発明に係る光ファイバの製造方法における第2工程中の、焼結処理を説明するための図である。

【図9】この発明に係る光ファイバの製造方法における横引工程を説明するための図である。

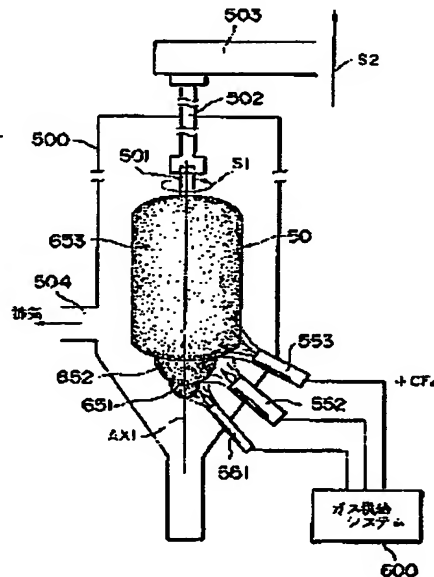
【符号の説明】

1…分散シフトファイバ、10…第1コア（内側コア）、20…第2コア（外側コア）、30…クラッド、40…ジャケット部（物理クラッド）、50…多孔質母材、51…中間ガラス母材、52…複合母材、53…光ファイバ母材、501…出光棒、551…第1バーナー、552…第2バーナー、553…第3バーナー、651…第1多孔質ガラス体、652…第2多孔質ガラス体、653…第3多孔質ガラス体、AX1…成長中の多孔質母材の回転軸、AX2…第2バーナーの中心軸。

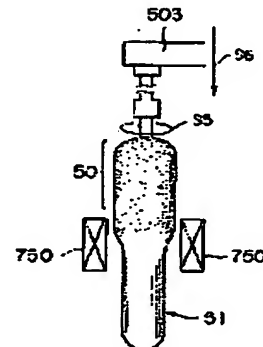
【図1】



【図2】



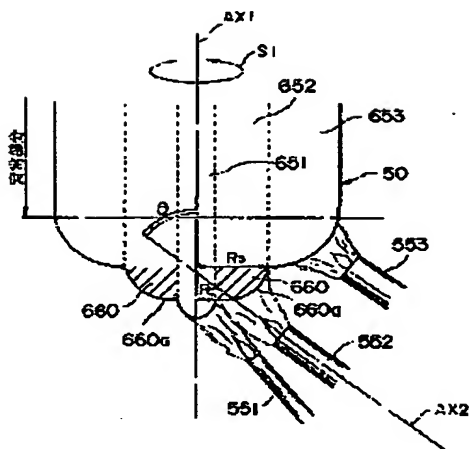
【図5】



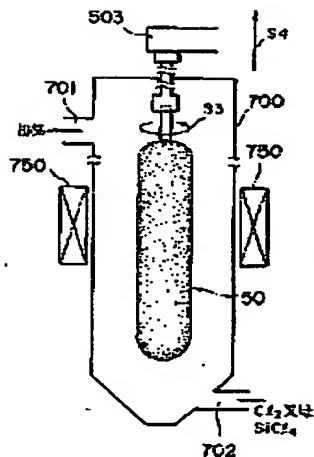
(9)

特開平10-194769

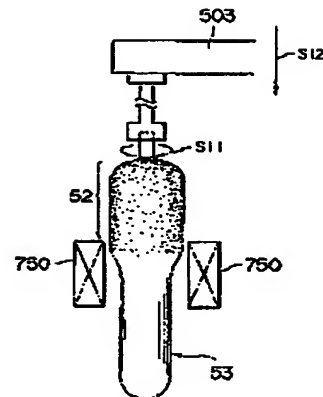
【図3】



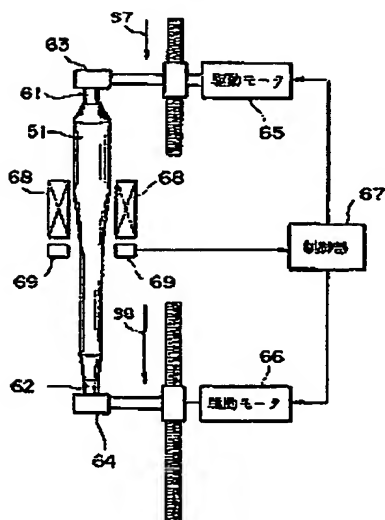
【図4】



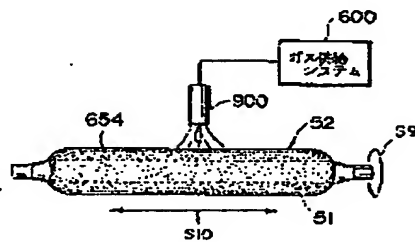
【図8】



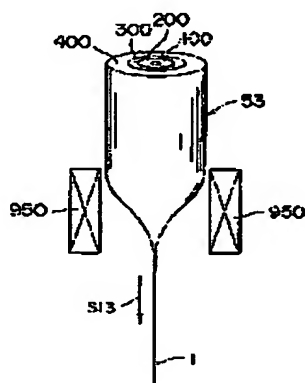
【図6】



【図7】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.